

**REKABENTUK ANTENA PENYALUN DIELEKTRIK YAGI
MENGUNAKAN CCTO DAN TiO₂**

MOHD NOOR BIN ISMAIL

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

2011

**REKABENTUK ANTENA PENYALUN DIELEKTRIK YAGI
MENGUNAKAN CCTO DAN TiO_2**

oleh

MOHD NOOR BIN ISMAIL

**Tesis yang disertakan untuk memenuhi keperluan bagi
Ijazah Sarjana Sains**

Mac 2011

PENGHARGAAN

بسم الله الرحمن الرحيم

Dengan nama Allah yang Maha Pemurah lagi Maha Penyayang, saya bersyukur kerana dengan limpah kurnia-Nya dapat saya menjalankan projek penyelidikan serta menyiapkan projek ini. Saya merakamkan ucapan ribuan terima kasih kepada penyelia iaitu Profesor Madya Dr. Mohd. Fadzil bin Ain di atas segala tunjuk ajar dan juga dorongan yang telah diberikan sepanjang penyelidikan ini berjalan. Dorongan dan nasihat beliau menjadi sumber motivasi kepada saya untuk menjalankan penyelidikan seperti telah dirancang.

Ucapan terima kasih ini juga ditujukan kepada Dr Srimala a/p Sreekantan dan Dr Ansor bin Yusof, penyelia bersama saya di atas segala tunjuk ajar dan bimbingan bagi menyiapkan penyelidikan ini. Ucapan terima kasih juga kepada Dr Srimala dan Dr Sabar serta Azwadi yang banyak memberikan pertolongan dalam proses fabrikasi bahan dielektrik.

Ucapan terima kasih juga saya tujukan kepada juruteknik-juruteknik di Pusat Pengajian Kejuruteraan Elektrik dan Elektronik, Universiti Sains Malaysia, terutamanya En. Abdul Latip dan En. Elias yang banyak membantu disepanjang penyelidikan ini. Tanpa jasa dan pertolongan mereka sudah tentu saya tidak akan dapat menyiapkan projek penyelidikan ini dengan jayanya.

Akhir sekali saya ucapkan terima kasih kepada isteri tercinta dan anak-anak di atas dorongan semangat dan pengorbanan mereka. Semoga apa yang diperolehi daripada projek ini dapat dimanfaatkan untuk kepentingan bersama. Kehadrat Allah saya memohon doa semoga dapat dilimpahkan rahmat untuk semua.

ISI KANDUNGAN

Muka Surat

TAJUK	i
PENGHARGAAN	ii
ISI KANDUNGAN	iii
SENARAI JADUAL	viii
SENARAI RAJAH	x
TERJEMAHAN ISTILAH	xv
SINGKATAN ISTILAH	xvii
ABSTRAK	xviii
ABSTRACT	xix

BAB SATU: PENGENALAN

1.1	Pengenalan	1
1.2	Penyataan Masalah	4
1.3	Objektif Penyelidikan	5
1.4	Skop Penyelidikan	5
1.5	Tatasusunan Tesis	7

BAB DUA : KAJIAN ILMIAH

2.1	Pendahuluan	8
2.2	Antena	9
2.2.1	Antena Tampalan Mikrostrip	9
2.2.2	Antena Tatasusunan Yagi	11
2.2.3	Antena Penyalun Dielektrik(APD)	13
2.3	Teknik –Teknik Suapan Antena Penyalun Dielektrik (APD)	17
2.3.1	Teknik Suapan Kuar	17
2.3.2	Teknik Suapan Mikrostrip	18
2.3.3	Teknik suapan bukaan lubang alur	19
2.4	Analisis Antena Penyalun Dielektrik	20
2.4.1	Frekuensi Salunan	20
2.4.2	Kebaikan Antena Penyalun Dielektrik	23
2.4.3	Keburukan Antena Penyalun Dielektrik	24
2.4.4	Perbandingan diantara APD dan antena tampalan mikrostrip	25
2.5	Kesimpulan	27

BAB TIGA : METODOLOGI

3.1	Pengenalan	29
3.1.1	Spesifikasi Antena Penyalun Dielektrik (APD) Berarah	31
3.2.	Simulasi CST bagi Antena Penyalun Dielektrik	33
3.2.1	Merekabentuk Substrat Dielektrik	33

3.2.2	Merekabentuk Penyuap Mikrostrip	35
3.2.3	Pendefinasian Liang Pandu Gelombang	37
3.2.4	Pendefinasian Syarat Sempadan	38
3.2.5	Pengawas Medan Jauh	39
3.2.6	Penyelesai Fana	40
3.3	Rekabentuk Antena Penyalun Dielektrik	41
3.3.1	Antena Penyalun dielektrik Berarah CCTO	41
3.3.1.1	Elemen Pemacu CCTO APD	42
3.3.1.2	Elemen Pemacu + 1 Dir CCTO APD	45
3.3.1.3	Elemen pemacu + 2 DIR CCTO APD	47
3.3.1.4	Elemen pemacu + 3 DIR CCTO APD	49
3.3.1.5	Elemen pemacu + 4 DIR CCTO APD	51
3.3.2	Antena Penyalun Dieletrik Berarah TiO_2	53
3.3.2.1	Elemen Pemacu TiO_2 APD	55
3.3.2.2	Elemen pemacu + 1 DIR TiO_2 APD	57
3.3.2.3	Elemen pemacu + 2DIR TiO_2 APD	59
3.4	Fabrikasi Papan Penyuap Mikrostrip	62
3.5	Fabrikasi Antena Penyalun Dielektrik	62
3.5.1	Penyediaan Komposisi Campuran	63
3.5.2	Pencampuran dan Pengisaran	63
3.5.3	Pengkalsinan	64
3.5.4	Pembentukan Pelet	65
3.5.4.1	Serbuk CCTO	65

3.5.4.2 Serbuk TiO ₂	67
3.5.5 Pengeringan Pelet	67
3.5.6 Pensinteran	68
3.5.6.1 Pelet CCTO	68
3.5.6.2 Pelet TiO ₂	69
3.6 Analisis Bahan Mentah	69
3.6.1 Pembelaan X-Ray	70
3.6.2 Mikroskop Imbasan Elektron	70
3.6.3 Ketumpatan dan keliangan	70
3.7 Pengukuran Pemalar Dielektrik	71
3.8 Pengukuran Parameter-S	72
3.9 Pengukuran Corak Sinaran Antena Penyalun Dielektrik	73
 BAB EMPAT: KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	
4.1 Analisis bahan mentah CCTO	76
4.1.1 Analisa XRD	76
4.1.2 Analisa SEM (Mikroskop Imbasan Elektron)	78
4.1.3 Pengukuran Pemalar Dielektrik	79
4.2 Antena Penyalun Dielektrik Berarah CCTO APD	81
4.2.1 Elemen Pemacu	81
4.2.2 Elemen pemacu + 1 DIR CCTO APD	88
4.2.3 Elemen pemacu + 2 DIR CCTO APD	95
4.2.4 Elemen Pemacu + 3 DIR CCTO APD	101

4.2.5	Elemen pemacu + 4 DIR CCTO APD	107
4.2.6	Perbandingan parameter yang diukur melawan bilangan DIR	114
4.2.7	Ringkasan Rekabentuk CCTO APD Berarah	116
4.3	Penyalun Antena Berdielektrik Berarah TiO ₂ APD	118
4.3.1	Elemen Pemacu TiO ₂ APD	118
4.3.2	Elemen pemacu + 1 DIR TiO ₂ APD	125
4.3.3	Elemen pemacu + 2 DIR TiO ₂ APD	130
4.3.4	Perbandingan parameter yang diukur melawan bilangan DIR	136
4.3.5	Ringkasan Rekabentuk TiO ₂ APD Berarah	138
 BAB LIMA: KESIMPULAN DAN CADANGAN		
5.1	Kesimpulan	140
5.2	Cadangan Masa Depan	141
 RUJUKAN		
 SENARAI PENERBITAN		
 LAMPIRAN		
		146

SENARAI JADUAL

	Muka Surat
Jadual 2.1: Kajian lepas berkenaan dimensi dan frekuensi salun antenna	11
Jadual 2.2: Jadual perbandingan APD dan antenna mikrostrip.	27
Jadual 3.1: Ciri-ciri substrat dielektrik siri RO4000	33
Jadual 3.2: Parameter bagi substrat dielektrik	35
Jadual 3.3: Penyelarasan parameter elemen pemacu CCTO APD	44
Jadual 3.4: Penyelarasan parameter rekabentuk Elemen Pemacu + 1 DIR	47
Jadual 3.5: Penyelarasan parameter rekabentuk Elemen Pemacu + 2 DIR	49
Jadual 3.6: Penyelarasan parameter rekabentuk Elemen Pemacu + 3 DIR	51
Jadual 3.7: Penyelarasan parameter rekabentuk elemen pemacu + 4 DIR	53
Jadual 3.8: Jadual 3.8: Parameter-parameter substrat	55
Jadual 3.9: Penyelarasan parameter rekabentuk elemen pemacu TiO ₂ APD	57
Jadual 3.10: Penyelarasan parameter terakhir keseluruhan rekabentuk	61
Jadual 3.11: Jisim setiap bahan mentah bagi membentuk serbuk CCTO	63
Jadual 4.1: Perbandingan parameter yang diukur melawan bilangan DIR	115
Jadual 4.2: Ringkasan rekabentuk elemen pemacu CCTO APD	116
Jadual 4.3: Ringkasan rekabentuk elemen pemacu + 1 DIR CCTO APD	116
Jadual 4.4: Ringkasan rekabentuk elemen pemacu + 2 DIR CCTO APD	117
Jadual 4.5: Ringkasan rekabentuk elemen pemacu + 3 DIR CCTO APD	117
Jadual 4.6: Ringkasan rekabentuk elemen pemacu + 4 DIR CCTO APD	118

Jadual 4.7:	Perbandingan parameter yang diukur melawan bilangan DIR	137
Jadual 4.8:	Ringkasan rekabentuk elemen pemacu TiO ₂ APD	138
Jadual 4.9:	Ringkasan rekabentuk elemen pemacu + 1 DIR TiO ₂ APD	138
Jadual 4.10:	Ringkasan rekabentuk elemen pemacu + 2 DIR TiO ₂ APD	139

SENARAI RAJAH

	Muka Surat
Rajah 1.1: Pendekatan penyelidikan	6
Rajah 2.1: Antena tampalan mikrostrip	10
Rajah 2.2: Antena tatasusunan Yagi	11
Rajah 2.3: Antena penyalun dielektrik suapan kuar	14
Rajah 2.4: APD bentuk rektangular	15
Rajah 2.5: APD bentuk rektangular dengan hon	16
Rajah 2.6: CCTO APD bentuk silinder	16
Rajah 2.7: Teknik suapan kuar	17
Rajah 2.8: Teknik suapan mikrostrip	18
Rajah 2.9: Teknik suapan bukaan lubang alur	19
Rajah 2.10: Model pandu gelombang	20
Rajah 2.11: Lengkuk graf frekuensi ternormal	23
Rajah 3.1: Carta alir keseluruhan rekabentuk antena penyalun dielektrik	30
Rajah 3.2: Penyelarasan parameter bahan bagi substrat dielektrik	34
Rajah 3.3: Rekabentuk permukaan latar dan substrat	34
Rajah 3.4: Kotak dialog pengiraan impedan	36
Rajah 3.5: Rekabentuk penyuar mikrostrip menggunakan CST	36
Rajah 3.6: Liang pandu gelombang	37
Rajah 3.7: Kotak dialog liang pandu gelombang CST	38
Rajah 3.8: Kotak dialog syarat sempadan	39

Rajah 3.9:	Kotak dialog pengawas medan jauh	39
Rajah 3.10:	Kotak dialog penyelesai fana	40
Rajah 3.11:	Antena penyalun dielektrik berarah berbentuk rektangular	41
Rajah 3.12:	Elemen pemacu CCTO APD	42
Rajah 3.13:	Kotak dialog parameter sapuan	43
Rajah 3.14:	Elemen Pemacu + 1 Dir CCTO APD	45
Rajah 3.15:	Kotak dialog parameter sapuan	46
Rajah 3.16:	Elemen pemacu + 2 DIR	48
Rajah 3.17:	Kotak dialog parameter sapuan	48
Rajah 3.18:	Elemen pemacu + 3 DIR CCTO APD	50
Rajah 3.19:	Kotak dialog parameter sapuan	50
Rajah 3.20:	Elemen pemacu + 4 DIR	52
Rajah 3.21:	Kotak dialog parameter sapuan	52
Rajah 3.22:	Antena penyalun dielektrik berarah TiO ₂ APD	54
Rajah 3.23:	Elemen Pemacu TiO ₂ APD	55
Rajah 3.24:	Kotak dialog parameter sapuan	56
Rajah 3.25:	Elemen pemacu + 1 DIR TiO ₂ APD	58
Rajah 3.26:	Kotak dialog parameter sapuan	58
Rajah 3.27:	Elemen pemacu TiO ₂ APD + 2 DIR	59
Rajah 3.28:	Kotak dialog parameter sapuan	60
Rajah 3.29:	Profil pengkalsinan pada suhu 900 °C selama 12 jam	65
Rajah 3.30:	Acuan 50 mm berbentuk bulat	66
Rajah 3.31:	Penekan hidrolik <i>Ultimate Tensile Strength</i>	66
Rajah 3.32:	Mesin penekan <i>Carnel Model 4859</i>	67

Rajah 3.33:	Profil pensinteran pada suhu 1000 °C selama 12 jam	68
Rajah 3.34:	Profil pensinteran pada suhu 1200 °C selama 180 min	69
Rajah 3.35:	Kongfigurasi peralatan bagi pengukuran Parameter-S	73
Rajah 3.36:	Kongfigurasi peralatan bagi pengukuran corak sinaran antena	74
Rajah 4.1:	Corak analisis XRD bagi bahan mentah (a) CaCO ₃ (b) CuO (c) TiO ₂	77
Rajah 4.2:	Corak analisis XRD CCTO selepas pengkalsinan	78
Rajah 4.3:	Mikrostruktur permukaan patah bagi CCTO pada 1000 ⁰ C selama 12 jam	79
Rajah 4.4:	Pemalar dielektrik CCTO	79
Rajah 4.5:	Kehilangan tangen bagi CCTO	80
Rajah 4.6:	CCTO APD berarah (a) Struktur fabrikasi b) Struktur simulasi	81
Rajah 4.7:	Kehilangan pulangan elemen pemacu CCTO APD	82
Rajah 4.8:	(a) Nilai ukuran kehilangan pulangan (b) Lebar jalur ukuran	83
Rajah 4.9:	(a) Nilai kearahkan simulasi (b) Nilai gandaan simulasi	84
Rajah 4.10:	Impedan masukan simulasi	85
Rajah 4.11:	Impedan masukan ukuran	86
Rajah 4.12:	Corak sinaran (a) E- satah (b) H-satah	87
Rajah 4.13:	Fabrikasi dan simulasi elemen pemacu + 1 DIR	88
Rajah 4.14:	Kehilangan pulangan Elemen pemacu + 1 DIR	89
Rajah 4.15:	Lebar jalur ukuran Elemen pemacu + 1 DIR	89
Rajah 4.16:	(a) Nilai kearahkan simulasi (b) Nilai gandaan simulasi.	91
Rajah 4.17:	(a) Impedan masukan simulasi (b) Impedan masukan ukuran	92
Rajah 4.18:	(a) Corak sinaran E-satah (b) Corak sinaran H-satah	94
Rajah 4.19:	Fabrikasi dan simulasi elemen pemacu + 2 DIR	95

Rajah 4.20:	Kehilangan pulangan elemen pemacu + 2 DIR	96
Rajah 4.21:	Lebar jalur ukuran elemen pemacu + 2 DIR	96
Rajah 4.22:	(a) Nilai kearahahan simulasi (b) Nilai gandaan simulasi	98
Rajah 4.23:	(a) Impedan masukan simulasi (b) Impedan masukan ukuran	99
Rajah 4.24:	(a) Corak sinaran E-satah (b) Corak sinaran H-satah	101
Rajah 4.25:	Fabrikasi dan simulasi Elemen Pemacu + 3 DIR	102
Rajah 4.26:	Kehilangan pulangan elemen pemacu + 3 DIR	102
Rajah 4.27:	Kehilangan pulangan ukuran elemen pemacu + 3 DIR	103
Rajah 4.28:	(a) Nilai kearahahan simulasi (b) Nilai gandaan simulasi	104
Rajah 4.29:	(a) Impedan masukan simulasi (b) Impedan masukan ukuran	105
Rajah 4.30:	(a) Corak sinaran E-satah (b) Corak sinaran H-satah	107
Rajah 4.31:	Fabrikasi dan simulasi Elemen Pemacu + 4 DIR	108
Rajah 4.32:	Kehilangan pulangan elemen pemacu + 4 DIR CCTO APD	109
Rajah 4.33:	Kehilangan pulangan ukuran elemen pemacu + 4 DIR	109
Rajah 4.34:	(a) Nilai simulasi kearahahan (b) Nilai simulasi gandaan	111
Rajah 4.35:	(a) Impedan masukan simulasi (b) Impedan masukan ukuran	112
Rajah 4.36:	(a) Corak sinaran E-satah (b) Corak sinaran H-satah	114
Rajah 4.37:	Fabrikasi dan Simulasi Elemen Pemacu TiO ₂ APD	119
Rajah 4.38:	Kehilangan pulangan elemen pemacu TiO ₂ APD	120
Rajah 4.39:	Lebar jalur ukuran elemen pemacu TiO ₂ APD	120
Rajah 4.40:	(a) Nilai kearahahan simulasi (b) Nilai gandaan simulasi	121
Rajah 4.41:	(a) Impedan masukan simulasi (b) Impedan masukan ukuran	123
Rajah 4.42:	Corak sinaran (a)E-satah (b)H-satah	124
Rajah 4.43:	Fabrikasi dan simulasi elemen pemacu + 1 DIR TiO ₂ APD	125

Rajah 4.44:	Kehilangan pulangan elemen pemacu + 1 DIR TiO ₂ APD	126
Rajah 4.45:	Lebar jalur ukuran elemen pemacu + 1 DIR TiO ₂ APD	126
Rajah 4.46:	(a) Nilai kearahannya Simulasi (b) Nilai gandaan simulasi	127
Rajah 4.47:	(a) Impedan masukan simulasi (b) Impedan masukan ukuran	128
Rajah 4.48:	Corak sinaran (a) E-satah (b) H-satah	130
Rajah 4.49:	Fabrikasi dan simulasi elemen pemacu + 2 DIR TiO ₂ APD	130
Rajah 4.50:	Kehilangan pulangan elemen pemacu + 2 DIR TiO ₂ APD	131
Rajah 4.51:	Lebar jalur ukuran elemen pemacu + 2 DIR TiO ₂ APD	132
Rajah 4.52:	(a) Nilai kearahannya simulasi (b) Nilai gandaan simulasi	133
Rajah 4.53:	(a) Impedan masukan simulasi (b) Impedan masukan ukuran	134
Rajah 4.54:	Corak sinaran (a) E-satah (b) H-satah	136

TERJEMAHAN ISTILAH

Bahasa Melayu

Bahasa Inggeris

Antena penyalun dielektrik	Dielectric resonator antenna
Antena tampalan	Patch antenna
Bukaan lubang alur	Aperture coupling
Corak sinaran	Radiation pattern
Dwi-kutub	Dipole
Fabrikasi	Fabrication
Frekuensi salun	Resonant frequency
Gandaan	Gain
Gandingan	Coupling
Gandingan Saling	Mutual Coupling
Impedan masukan	Input impedance
Jenis jejaring	Mesh Type
Julat frekuensi	Frequency range
Kearahan	Directivity
Kehilangan pulangan	Return loss
Kehilangan tangen	Tangent loss
Kuar	Probe
Kuar sepaksi	Coaxial probe
Kekutuban membulat	Circular polarization
Ketumpatan dan keliangan	Density and Porosity
Lebar jalur	Bandwidth

Liang pandu gelombang	Waveguide port
Mikrostrip	Microstrip
Mikroskop imbasan elektron	Scanning electron microscope
Model pandu gelombang	Waveguide model
Parameter sapuan	Parameter sweep
Pemalar dielektrik	Dielectric constant
Pembelauan X-Ray	X-Ray diffraction
Pencirian dielectric	Dielectric characterization
Pengarah	Director
Pengawas medan jauh	Farfield monitor
Penyalun dielektrik	Dielectric resonator
Penyelesai fana	Transient solver
Peranti terpandu	Guiding device
Permukaan latar	Ground plane
Prestasi	Performance
Sesatah pandu gelombang	Coplanar waveguide
Simulasi	Simulation
Substrat	Substrate
Syarat sempadan	Boundry conditions
Templat	Template

SINGKATAN ISTILAH

3G	Third Generation
APD	Antena Penyalun Dielektrik
ADS	Advanced Design System
CCTO	Calcium Cuprum Titanium Oxida (Titanate)
CST	Computer Simulation Technology
DIR	Director
GSM	Global System for Mobile Communication
HPBW	Half Power Beamwidth
PCB	Printed Circuit Board
RF	Radio Frequency
S_{11}	S-Parameter
TE	Transverse Electric
TiO_2	Titanium Dioksida
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
WLAN	Wireless Local Area Network
XRD	X-Ray Diffraction

REKABENTUK ANTENA PENYALUN DIELEKTRIK YAGI MENGUNAKAN CCTO DAN TiO₂

ABSTRAK

Disertasi ini membicarakan dan merekabentuk antenna penyalun dielektrik (APD) berarah yang bersaiz kecil dan mempunyai kearah yang tinggi. Dalam penyelidikan ini dua APD berarah iaitu CCTO APD dan TiO₂ APD telah direkabentuk menggunakan perisian yang dikenali sebagai *CST Microwave Studio*. Kedua-dua antenna penyalun dielektrik berarah ini dihasilkan melalui proses tindakbalas keadaan pepejal. Rekabentuk APD berarah bentuk rektangular, mempunyai lima penyalun dielektrik (PD) yang disusun mengikut tatasusunan Yagi bagi mendapatkan kearah yang tinggi. CCTO APD berarah mempunyai nilai pemalar dielektrik sebanyak 56 dan frekuensi salunan 3.5 GHz. Nilai kearah yang maksima yang dicapai oleh CCTO APD berarah ini ialah 10.69 dBi. Antenna penyalun dielektrik TiO₂ berarah mempunyai nilai pemalar dielektrik sebanyak 94 dan frekuensi salunan 4.44 GHz. Rekabentuk TiO₂ APD mempunyai tiga penyalun dielektrik yang disusun mengikut tatasusunan Yagi. Nilai kearah yang maksima yang dicapai oleh TiO₂ APD ialah 8.85 dBi. Setiap rekabentuk antenna diuji dari segi impedan masukan, parameter-S dan corak sinaran. Daripada pengujian yang dijalankan didapati impedan masukan dan parameter-S tidak mengalami banyak perubahan bila bilangan pengarah ditambah kepada setiap rekabentuk APD. Corak sinaran bagi kedua rekabentuk APD menunjukkan polar yang semakin fokus bila bilangan pengarah semakin bertambah. Ini menunjukkan kearah APD semakin bertambah dengan penambahan bilangan pengarah bersesuaian dengan konsep antenna tatasusunan Yagi.

THE DESIGN OF YAGI DIELECTRIC RESONATOR ANTENNA USING CCTO AND TiO₂

ABSTRACT

This dissertation discusses on the design of a small size directional dielectric resonator antenna (DRA) with high directivity. Two directional DRA; CCTO DRA and TiO₂ DRA were designed using computer software application known as CST Microwave Studio. Both the directional antenna was produced through solid state reaction process. Directional rectangular DRA design consists of five dielectric resonators which were configured according to Yagi Array antenna to obtain a high directivity. Directional CCTO DRA has dielectric constant value of 56 and 3.5 GHz resonant frequency. Maximum value of directivity obtained by directional CCTO DRA was 10.69 dBi. Directional TiO₂ DRA has dielectric constant value of 94 and 4.44 GHz resonant frequency. TiO₂ design consist of three dielectric resonator which were arranged according to Yagi array configuration. Maximum value of directivity obtained by TiO₂ DRA was 8.85 dBi. Each antenna design was tested for input impedance, S-parameter and radiation pattern. From the experiment, input impedance and S-parameter did not show any significant changes when a director were added to each DRA design. Radiation patterns for both DRA design are more polarized when more directors were added. The results show directivity increases by adding more directors which is consistent with Yagi array antenna concept.

BAB SATU

PENGENALAN

1.1 Pengenalan

Isyarat atau tenaga elektrik bukan sahaja dipancarkan melalui talian, tetapi juga melalui ruang udara bebas. Alihan isyarat dari talian ke ruang udara bebas dan sebaliknya boleh dilakukan menggunakan antena. Penggunaan antena telah dipopularkan pada menjelang abad ke 19 oleh Heinrich Rudolph, di ikuti oleh Guglielmo Marconi pada awal abad ke 19. Antena merupakan satu struktur pengantaramuka diantara peranti terpadu dan ruang bebas di persekitarannya (Constantine, 1997).

Bagi suatu sistem perhubungan, terutama perhubungan tanpa wayar antena memainkan peranan yang sangat penting di bahagian pemancar dan penerima bagi memastikan isyarat atau data dapat diterima dengan baik. Pada masa kini sistem perhubungan tanpa wayar telah mengalami perubahan dan peningkatan yang cepat dan mampu mempengaruhi kehidupan harian manusia masa kini. Sebagai contoh, melalui sistem perhubungan tanpa wayar kita boleh menghantar email, memuat turun data dari internet dan pertukaran data melalui *Bluetooth* boleh dilakukan diantara satu peranti ke peranti tanpa wayar yang lain seperti *modern smart phone* dan *personel digital assistant* (PDA) (Conti, 2007). Melalui sistem perhubungan tanpa wayar juga pengguna komputer riba, telefon bergerak dan telefon pintar dapat melakukan proses pertukaran data dimana sahaja tanpa sebarang sekatan.

Sistem komunikasi tanpa wayar masa kini mampu menyediakan sambungan keseluruh dunia bagi suara, video dan data bagi membolehkan kita melakukan proses komunikasi yang lebih berkesan seperti telesidang. Walaubagaimanapun sistem perhubungan tanpa wayar mempunyai banyak sub sistem yang menjadikan keseluruhan sistem ini lebih kompleks. Semua sub sistem yang berada pada bahagian penerima dan pemancar hendaklah dipastikan berada dalam keadaan baik dan sempurna bagi memastikan proses pertukaran data dapat dijalankan dengan licin dan lancar tanpa sebarang kerosakan pada data yang dihantar. Disamping itu antena juga memainkan peranan yang amat penting dibahagian pemancar dan penerima bagi memastikan data yang dihantar melalui sistem perhubungan tanpa wayar dapat diterima dengan baik. Rekabentuk antena yang baik dapat memperbaiki prestasi dan menampung keperluan keseluruhan sistem (Constantine, 2003). Antena yang paling ringkas ialah antena wayar yang disambung pada pemancar dan penerima bagi membentuk dwi-kutub, gelung dan helikal antena.

Penggunaan gelombang milimeter memerlukan antena yang mampu meliputi julat frekuensi yang tinggi. Kebiasaannya Antena tampalan dan antena Vivaldi digunakan pada julat frekuensi ini. Antena tampalan dan antena Vivaldi yang diperbuat dari logam pengalir, menghasilkan kehilangan pengalir yang tinggi yang memberi kesan kepada prestasi antena (Drossos et al., 1997). Bagi mengatasi masalah kehilangan pengalir yang tinggi ini, satu teknologi baru dengan memanfaatkan penggunaan bahan elektro seramik sebagai antena telah dibuat kajian. Antena jenis ini bebas dari kehilangan pengalir. Antena ini dikenali sebagai antena penyalun dielektrik (APD). Antena ini diperbuat dari bahan dielektrik kehilangan rendah yang boleh dibentuk kepada pelbagai bentuk seperti silinder, rektangular dan cincin (Petosa et al., 1998).

Antena jenis ini menawarkan kepelbagaian parameter yang tinggi seperti pemalar dielektrik, bentuk, saiz dan ketebalan yang boleh diubah-ubah bagi mendapatkan prestasi yang maksima bagi sesuatu aplikasi (Petosa, 2007).

Bahan elektro seramik dari kumpulan Kuprum Oksida adalah bahan yang berpotensi berfungsi sebagai peranti elektronik didalam aplikasi radar dan antena. Campuran seramik $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ dari kumpulan campuran Kuprum Oksida boleh menghasilkan seramik superkonduktor pada suhu yang lebih tinggi. Bahan elektro seramik yang dibuat kajian untuk penggunaan antena masa kini ialah Kalsium Kuprum Titanate ($\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$) atau dikenali sebagai CCTO. Bahan elektro seramik ini mempunyai pemalar dielektrik yang tinggi (Ramirez et al., 2000). Bahan elektroseramik dari kumpulan $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ yang mempunyai pemalar dielektrik yang tinggi ini amat sesuai digunakan sebagai peranti gelombang mikro pada masa hadapan (Almeida, 2007). Bahan-bahan elektro seramik perlulah memenuhi beberapa syarat utama untuk dijadikan antena. Syarat-syarat tersebut ialah mempunyai pemalar dielektrik yang tinggi, faktor lesapan yang rendah dan pemalar dielektrik yang stabil terhadap perubahan suhu. Dalam penyelidikan ini, antena penyalun dielektrik berbentuk rektangular dan cincin yang disusun atur pada konfigurasi tatasusunan Yagi telah direkabentuk bertujuan untuk mendapatkan kearah yang tinggi. Antena penyalun dielektrik berbentuk rektangular dibina dari bahan CCTO dan antena penyalun dielektrik berbentuk cincin dibina dari bahan Titanium Dioksida (TiO_2). Kedua-dua rekabentuk antena ini akan dibuat pengujian dari segi frekuensi salun, kehilangan pulangan, impedan masukan dan corak sinaran.

1.2 Penyataan Masalah

Masakini kebanyakan peralatan komunikasi tanpa wayar menggunakan sistem perhubungan gelombang mikro berfrekuensi tinggi yang memerlukan antena yang mempunyai prestasi tinggi bagi menerima isyarat yang lemah. Dapat diperhatikan masa kini kebanyakan pemancar dan penerima gelombang mikro menggunakan antena parabolik kearah tinggi yang bersaiz besar, berat dan memerlukan ruang yang lebih besar. Antena ini tidak sesuai untuk peralatan komunikasi mudah alih dan kegunaan awam. Antena parabolik juga mempunyai kadar kehilangan yang tinggi kerana diperbuat dari bahan logam. Antena Yagi Uda dari jenis antena berarah boleh dikelaskan sebagai bersaiz besar, mudah rosak dan mempunyai banyak cabang. Bagi mengatasi masalah ini antena mikrostrip dan antena penyalun dielektrik (APD) yang bersaiz lebih kecil boleh digunakan. Walaubagaimanapun antena mikrostrip mempunyai kadar kehilangan pengalir yang tinggi jika dibandingkan dengan APD. Faktor ini boleh mengurangkan prestasi antena (Drossos et al., 1997). Perkembangan dalam bidang penyampaian matlumat dan peranti mikroelektronik telah menghasilkan satu sistem komunikasi berintegrasi tinggi yang memerlukan antena bersaiz kecil dan kecekapan tinggi. Antena horn dan vivaldi adalah jenis antena kearah tinggi yang dijadikan piawaian bagi pengukuran gandaan, ianya tidak boleh diubah untuk dijadikan antena pelbagai arah (Constantine, 1997). Hampir semua jenis antena tidak mempunyai darjah kepelbagaian yang tinggi bagi memenuhi keperluan rekabentuk, kecuali APD yang menawarkan banyak keperluan masa depan bagi sistem komunikasi tanpa wayar yang memerlukan gandaan tinggi, kekutuban membulat, corak sinaran pelbagai arah, rekabentuk yang mudah dan banyak lagi (Petosa et al., 1998 dan Kisk, 2003).

1.3 Objektif Penyelidikan

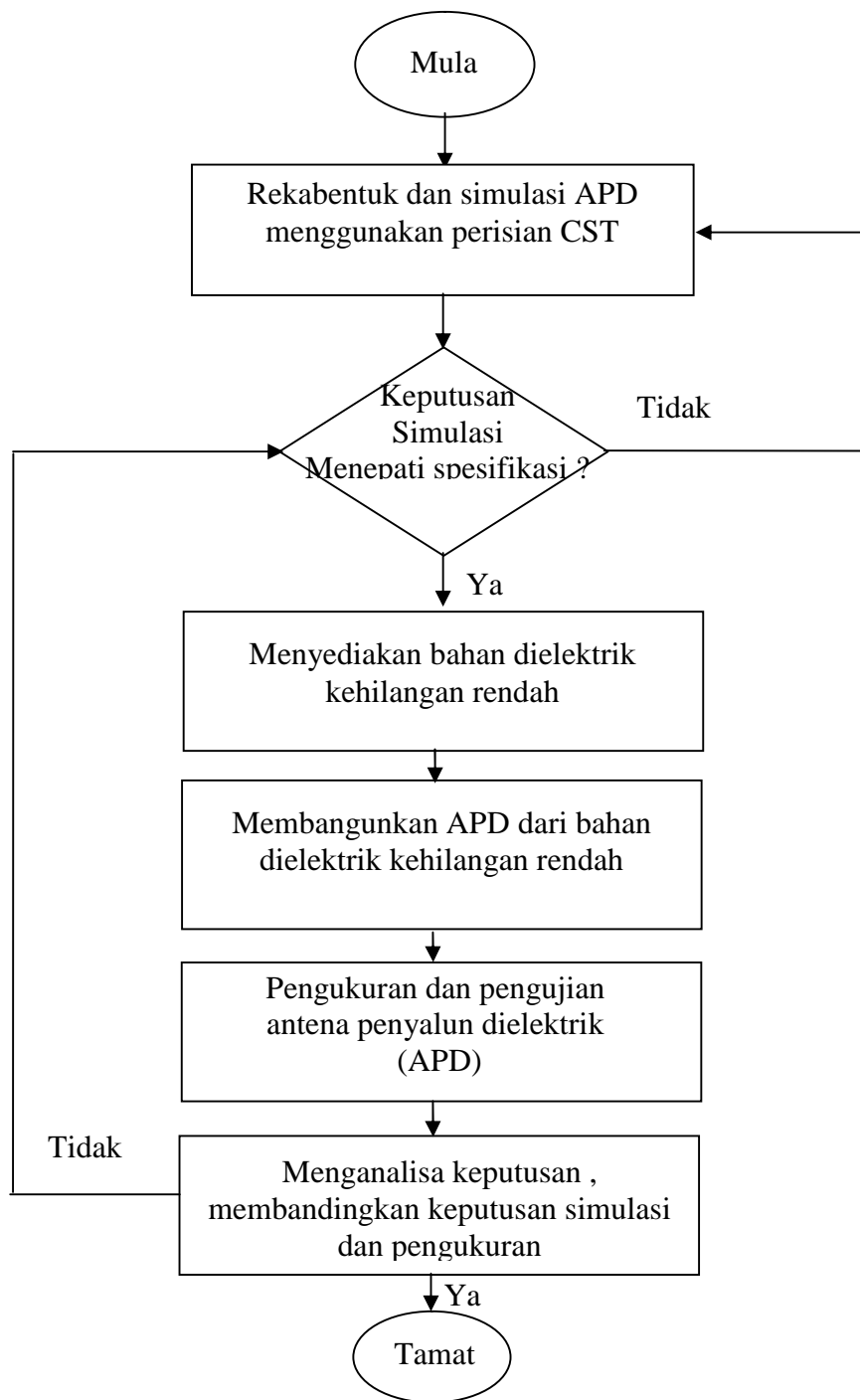
Objektif penyelidikan ini adalah seperti senarai di bawah:

1. Merekabentuk antena penyalun dielektrik berarah berdasarkan konsep tatasusunan Yagi menggunakan bahan CCTO dan TiO_2 .
2. Mengkaji kesan penambahan saiz elektrik antena secara tatasusunan Yagi terhadap kearah dan corak sinaran.
3. Mengkaji dan menganalisa kesan bentuk antena penyalun dielektrik terhadap corak sinaran, frekuensi salun dan impedan masukan.

1.4 Skop Penyelidikan

Skop penyelidikan ini adalah seperti carta aliran Rajah 1.1 yang boleh disenarai seperti dibawah :

1. Dalam penyelidikan ini perisian CST (*Computer Simulation Technology*) telah digunakan untuk merekabentuk dan membuat simulasi ke atas antena penyalun dielektrik (APD) yang direkabentuk.
2. Teknik suapan mikrostrip telah digunakan dalam penyelidikan ini. Teknik suapan ini dipilih kerana rekabentuknya lebih mudah dan sesuai untuk diintegrasikan dengan litar-litar gelombang mikro yang lain.
3. Menggunakan dua bahan elektro seramik iaitu Kalsium Kuprum Titanate dan Titanium Dioksida sebagai APD.
4. Merekabentuk dua bentuk APD berarah iaitu bentuk rektangular dan cincin.
5. Membuat pengujian terhadap frekuensi salunan, impedan masukan dan corak sinaran APD.



Rajah 1.1: Pendekatan Penyelidikan

1.5 Tatasusunan Tesis

Laporan penyelidikan ini dibahagikan kepada lima bab. Bab 1 menerangkan secara ringkas pengenalan kepada teknologi antena yang digunakan dalam sistem komunikasi tanpa wayar masa kini. Bab ini juga menerangkan latarbelakang mengapa penyelidikan ke atas antena penyalun dielektrik (APD) dilakukan dan apakah hasil kajian yang ingin dicapai.

Bab 2 menerangkan kajian ilmiah yang dijalankan ke atas kajian yang lepas berkenaan APD. Bab ini menumpukan kajian keatas APD yang mempunyai gandaan dan kearahannya yang tinggi bersesuaian dengan objektif penyelidikan ini.

Bab 3 mengandungi keterangan lengkap tentang langkah-langkah yang dilakukan bagi merekabentuk APD berarah menggunakan perisian CST. Proses fabrikasi pelet-pelet APD daripada bahan seramik CCTO dan TiO_2 juga diterangkan dengan ringkas. Bab ini juga menerangkan dengan lengkap tentang pengukuran dan pengujian yang dijalankan ke atas setiap rekabentuk APD.

Bab 4 membincangkan dengan lengkap tentang keputusan yang diperolehi dari simulasi dan pengukuran bagi setiap APD yang direkabentuk. Perbandingan diantara keputusan simulasi dan pengukuran bagi kehilangan pulangan, impedan masukan dan corak sinaran ditunjukkan bagi setiap rekabentuk. Lain-lain parameter yang diukur juga dibincang dan ditunjukkan.

Bab 5 memberi ringkasan analisa keputusan bagi kearahannya, saiz dan corak sinaran antena bagi menentukan samada objektif penyelidikan dicapai atau tidak. Akhir sekali beberapa cadangan telah diberikan bagi meneruskan kesinambungan penyelidikan ini.

BAB DUA

KAJIAN ILMIAH

2.1 Pendahuluan

Antena telah mula diperkenalkan oleh Thomas Edison pada tahun 1885. Berikutnya pada tahun 1888 Heinrich Hertz telah membuktikan teori tentang kewujudan gelombang elektromagnet yang telah dikemukakan oleh James Clerk Maxwell. Antena memainkan peranan yang penting dalam sesuatu sistem perhubungan gelombang elektromagnet. Isyarat gelombang elektromagnet bergerak pada kelajuan cahaya dalam ruang bebas dan ianya mempunyai kadar kehilangan penghantaran yang rendah jika dibandingkan isyarat yang dihantar melalui kabel pengalir. Dalam sistem perhubungan gelombang mikro antena akan memindahkan isyarat dari satu ke satu tempat yang lain tanpa memerlukan sambungan kabel. Antena dibahagian penerima akan menerima isyarat yang dipancarkan oleh pemancar dan seterusnya akan menghantar isyarat ini kepada bahagian litar penerima yang lain seperti penguat, penapis dan litar penterjemah.

Masa kini peralatan komunikasi tanpa wayar menggunakan pelbagai julat frekuensi kendalian dan jarak liputan yang berbeza. Faktor ini sudah pasti memerlukan antena yang pelbagai perlu dihasilkan. Antena ini mestilah mempunyai lebar jalur yang besar meliputi semua julat frekuensi kendalian peralatan tersebut. Sebagai contoh, kita dapat lihat telefon bimbit menggunakan gelombang GSM yang berkendali pada frekuensi 850 MHz dan 1900 MHz. WLAN berkendali pada frekuensi 2.4 GHz dan Sistem *Bluetooth* berkendali pada frekuensi 2.45 GHz. Dengan kemajuan teknologi komunikasi

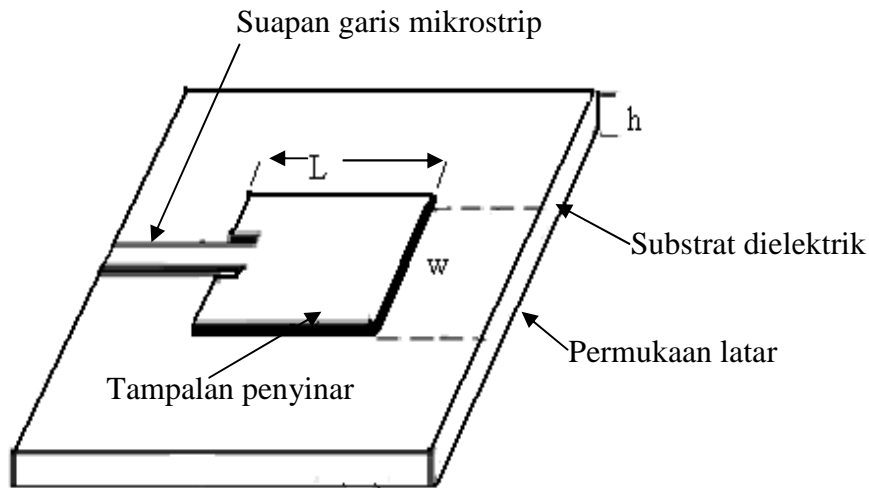
masakini, beberapa perkhidmatan komunikasi dapat digabungkan dalam satu alat. Sebagai contoh kita dapat lihat telefon bimbit masakini yang mampu menyokong WLAN, GSM, *Bluetooth* dan UMTS atau 3G. Disebabkan oleh perkhidmatan ini menggunakan frekuensi yang berbeza-beza, antenna telefon bimbit ini mestilah mempunyai lebar jalur yang mampu meliputi kesemua frekuensi alatan ini.

Permintaan komunikasi mudah alih tanpa wayar masa kini bukan saja pada antenna yang mempunyai lebar jalur yang luas tetapi juga perlu bersaiz kecil (Saed et al., 2006). Saiz antenna yang kecil ini secara tidak langsung akan mengecilkan saiz peralatan komunikasi tanpa wayar. Contoh yang jelas dapat dilihat pada rekabentuk telefon bimbit masa kini yang nipis dan kecil jika dibandingkan dengan telefon bimbit versi lama. Sebelum ini bahagian RF memerlukan ruang lebih kurang 600 mm^2 tetapi sekarang ruang ini telah dikurangkan separuh iaitu kepada 300 mm^2 bagi telefon 3G (Upton et al., 2006). Dengan sebab ini antenna perlu bersaiz kecil dan pada masa yang sama perlu mempunyai prestasi yang optima.

2.2 Antena

2.2.1 Antena tampalan mikrostrip (*Microstrip Patch Antenna*)

Antena tampalan mikrostrip digunakan secara meluas sebagai antenna pemancar dan penerima bagi peralatan komunikasi mudah alih masa kini. Faktor-faktor seperti kosnya yang murah, profil rendah, ringan dan mudah direkabentuk adalah satu kelebihan bagi antenna tampalan mikrostrip ini. Antena tampalan mikrostrip ini terdiri daripada tampalan penyinar pada sebelah satu substrat dielektrik dan permukaan latar seperti Rajah 2.1.



Rajah 2.1 – Antena tampalan mikrostrip (Constantine.A.B., 1997)

Kebiasaannya bahagian tampalan penyinar bagi antena diperbuat daripada bahan pengalir seperti kuprum atau emas pada pelbagai bentuk seperti rektangular, bulat, segi tiga, cincin dan lain-lain bentuk yang biasa didapati. Kebanyakan antena tampalan mikrostrip dihasilkan dengan cara menampal logam di atas kepingan substrat dalam bentuk yang dikehendaki seperti rektangular, bulat dan sebagainya.

Namun demikian antena tampalan mikrostrip ini mempunyai masalah dari segi saiznya yang besar. Daripada kebanyakan kajian yang telah dijalankan didapati antena tampalan mikrostrip berbentuk rektangular mempunyai saiz lebih besar dari 20 mm bagi setiap sisi. Jadual 2.1 menunjukkan keputusan yang diperolehi dari kajian-kajian yang lepas. Saiz yang besar akan menyebabkan kadar kehilangan kekonduksian meningkat dan seterusnya akan menyebabkan kecekapan antena akan berkurangan.

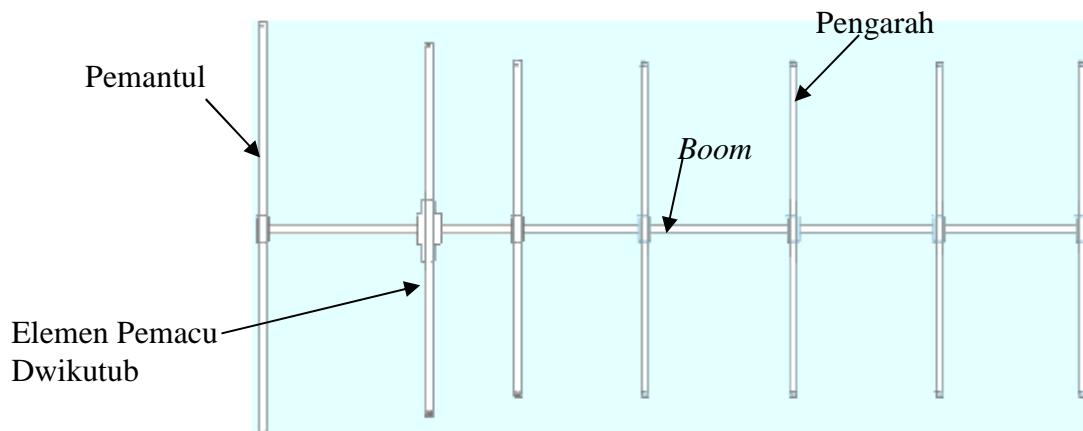
Jadual 2.1: Kajian –kajian lepas berkenaan dimensi dan frekuensi salun antenna tampalan.

Pengkaji	Dimensi Panjang x lebar(mm)	Frekuensi Salun
Rhonda et al., 1995	68.26 x 65.09	1.05 GHz
Ghorbani et al., 2004	150 x 100	Sekitar 1GHz
Alameddine et al., 2005	65.8 x 51.8	1.68 hingga 2.88 MHz

Bagi mengurangkan kadar kehilangan ini, logam yang digunakan sebagai jalur tampalan mestilah mempunyai nilai rintangan permukaan yang rendah dan kekonduksian elektrik yang tinggi. Bahan yang paling sesuai ialah emas, perak dan kuprum.

2.2.2 Antena Tatasusunan Yagi

Perkataan Yagi adalah merujuk kepada dua orang pakar antenna yang berbangsa Jepun iaitu Yagi dan Uda. Rekabentuk antenna ini ditunjukkan pada Rajah 2.2 yang terdiri dari elemen pemacu dwikutub, pengarah dan pemantul yang dipasang pada *boom*.



Rajah 2.2 : Antena tatasusunan Yagi (Hamuniverse, 2008)

Mereka telah memperoleh penemuan di mana dengan menambahkan elemen yang berbeza panjang dan jarak pada bahagian depan dan belakang elemen pemacu dwikutub telah meningkatkan prestasi dan keberkesanan elemen pemacu dwikutub. Corak sinaran dwikutub tenaga RF yang dihasilkan lebih fokus pada satu arah. Daripada ujikaji yang dijalankan didapati rekabentuk antena tatasusunan Yagi lebih berkuasa jika dibandingkan dengan antena Yagi. Perubahan pada jarak diantara elemen dan panjang elemen membolehkan antena ditala bagi mendapatkan keputusan yang berbeza dari segi frekuensi salun, gandaan dan corak sinaran.

Elemen pemacu dwikutub merupakan titik di mana isyarat daripada peralatan pemancar dimasukkan. Keadaan salunan akan berlaku apabila panjang elemen pemacu dwikutub secara elektrik adalah 0.45λ hingga 0.5λ panjang gelombang frekuensi yang dimasukkan (Hamuniverse, 2008). Pengarah merupakan elemen yang terpendek yang dipasang pada hujung antena tatasusunan Yagi dan ianya akan diarahkan ke stesen penerima. Panjang elemen pengarah adalah kurang sebanyak 5 % daripada elemen pemacu atau 0.4λ hingga 0.45λ panjang gelombang frekuensi yang dimasukkan (Hamuniverse, 2008). Pengarah digunakan untuk mendapatkan corak sinaran berarah dan gandaan bagi antena. Jarak yang optima diantara pengarah ialah 0.1λ hingga 0.5λ atau lebih bergantung kepada spesifikasi rekabentuk antena (Hamuniverse, 2008). Pemantul adalah elemen yang dipasang di belakang elemen pemacu. Panjangnya lebih kurang 5 % lebih dari elemen pemacu. Jarak optima diantara pemantul dan elemen pemacu ialah 0.1λ hingga 0.25λ (Hamuniverse, 2008).

2.2.3 Antena Penyalun Dielektrik(APD)

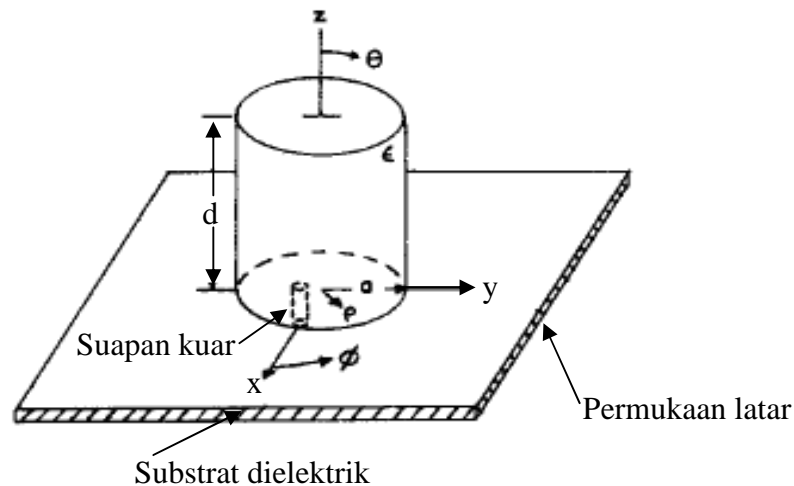
Bermula pada tahun 1939, Richtinger telah memperkenalkan antena penyalun dielektrik (APD) melalui demonstrasi secara teori model sfera. Model sfera yang dihasilkan oleh Richtinger telah dikaji semula oleh Okaya dan Barash pada 1960 dari Universiti Columbia. Sebelum penemuan teknologi baru ini, penyalun dielektrik (PD) digunakan sebagai penapis dan pengayun di dalam litar-litar gelombang mikro (Cohn, 1968 dan Petosa, 2007).

Pembangunan bahan seramik pada lewat tahun 1960an telah menghasilkan bahan elektroseramik yang boleh digunakan sebagai pengayun dan penapis khususnya dalam litar gelombang mikro. Bahan elektroseramik ini menawarkan kadar kehilangan yang rendah dan saiz yang kecil (Cohn, 1968). Hasil daripada kajian yang berterusan ke atas bahan seramik, didapati Barium Titanate adalah bahan elektroseramik yang pertama telah dibangunkan sebagai APD dalam litar-litar gelombang mikro.

Pada akhir-akhir ini banyak kajian tentang penggunaan PD telah dilakukan. Bagi kegunaan sebagai penapis dan pengayun, kebiasaannya PD berbentuk silinder diletakkan dalam kotak logam yang tertutup. Kotak logam tertutup ini digunakan untuk menghalang radiasi yang terhasil dari PD dan mengekalkan faktor kualiti tinggi yang diperlukan bagi kegunaan penapis dan pengayun.

Pada awal tahun 1980, Stuart Long dan Liang Shen adalah orang yang mempelopori pembangunan APD (Long et al., 1983). Kertas kajian mereka yang bertajuk APD berbentuk silinder telah menjadi titik tolak kepada penemuan teknologi baru antena jenis ini. Kebiasaannya APD berbentuk silinder atau pelet yang mempunyai pemalar dielektrik yang tinggi (>35) banyak digunakan dalam litar-litar gelombang mikro.

Menurut (Mongia et al., 1993) apabila penyalun dielektrik diletakkan ditempat yang terbuka, ia akan menghasilkan faktor Q radiasi yang rendah dan sesuai dijadikan antenna penyalun. Rajah 2.3 menunjukkan satu rekabentuk APD berbentuk silinder menggunakan teknik suapan kuar. APD dibuat dari bahan elektroseramik yang mempunyai kadar kehilangan yang rendah dan boleh didapati dalam pelbagai bentuk seperti silinder, rektangular dan lain-lain bentuk.

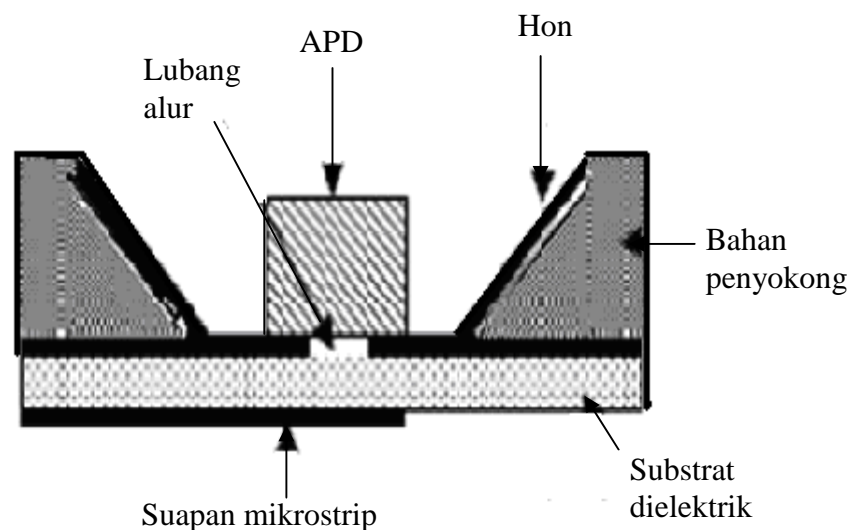


Rajah 2.3 : Antena penyalun dielektrik suapan kuar (Long et al., 1983)

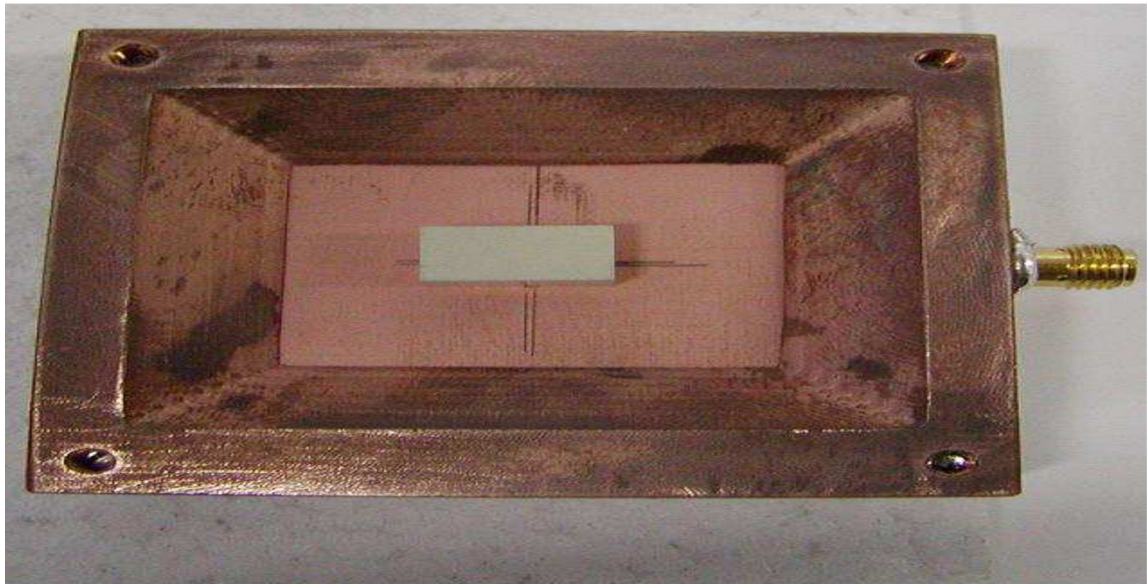
Frekuensi salunan bagi APD adalah berkadar terus dengan bentuk, saiz dan pemalar dielektrik yang digunakan (Cuhaci et al., 1996 dan Petosa et al., 1998). Mridula et al., (2004) telah membuktikan bahawa frekuensi salunan boleh diubah dengan mengubah bentuk penyalun dielektrik. Ianya dibina pada pelbagai bentuk yang

bersesuaian dengan penggunaannya dan pada masa yang sama mengekalkan prestasi antenna (Kish, 2003).

Nasimuddin et al., (2005) telah merekabentuk antenna penyalun dielektrik berbentuk rektangular menggunakan kaedah suapan gandingan bukaan lubang alur dengan pemasangan hon yang diperbuat daripada kuprum pada permukaan substrat. Pemasangan hon kuprum ini bertujuan untuk meningkatkan gandaan dan kearahkan antenna. Rekabentuk APD ini ditunjukkan pada Rajah 2.4. APD ini mempunyai parameter seperti berikut: panjang = 12.8 mm, lebar = 7.3 mm, tebal = 6.35 mm, pemalar dielektrik = 9.8 dan kehilangan tangen = 0.0027. Gambar antenna penyalun dielektrik ini yang telah siap difabrikasi telah ditunjukkan pada Rajah 2.5. Frekuensi salunan bagi antenna penyalun dielektrik ini ialah 6 GHz.

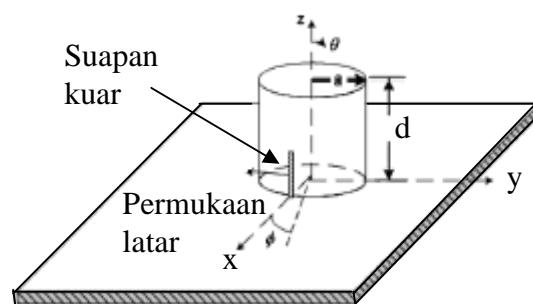


Rajah 2.4: APD bentuk rektangular (Nasimuddin et al., 2005)



Rajah 2.5 : APD bentuk rektangular dengan hon (Nasimuddin et al., 2005)

Kajian bahan seramik yang dikenali sebagai CCTO (*Calcium Cuprum Titanium Oxida*) telah dilakukan oleh (Almeida et al., 2007). Antena penyalun dielektrik ini direkabentuk pada bentuk silinder dan mempunyai frekuensi salunan sekitar 4.69 GHz . Rekabentuk antena penyalun dielektrik ini ditunjukkan pada Rajah 2.6



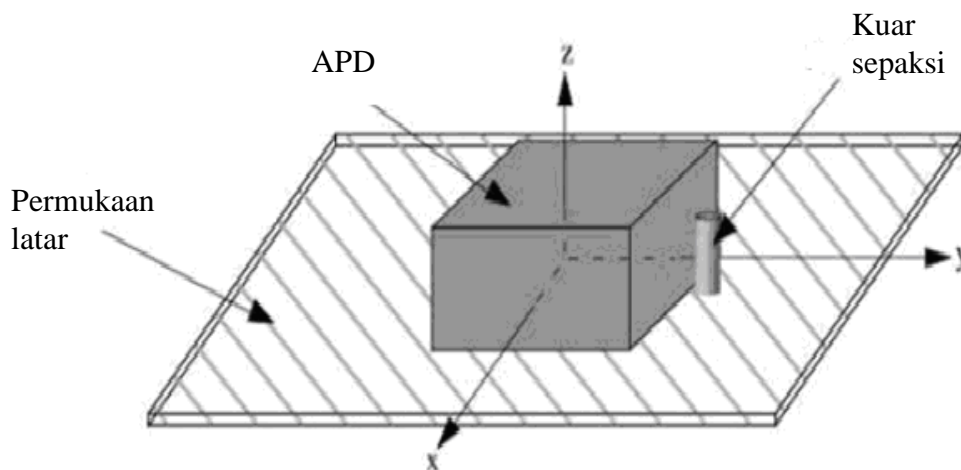
Rajah 2.6 : CCTO APD bentuk silinder (Almeida et al., 2007)

2.3 Teknik –Teknik Suapan Antena Penyalun Dielektrik (APD)

Antena penyalun dielektrik (APD) mempunyai satu kelebihan di mana ianya boleh menggunakan mekanisma teknik suapan yang berbeza-beza seperti teknik suapan kuar, teknik suapan mikrostrip, teknik suapan bukaan lubang alur dan teknik suapan sesatah pandu gelombang (Kishk, 2003). Dalam penyelidikan ini, hanya tiga teknik suapan akan dibincangkan. Pemilihan teknik suapan yang sesuai memainkan peranan yang penting bagi menentukan nilai impedan masukan, kadar kehilangan pulangan dan ciri-ciri corak sinaran bagi antena (Petosa, 2007).

2.3.1 Teknik Suapan Kuar

Teknik suapan kuar merupakan salah satu kaedah menguja APD dengan menggunakan kuar sepaksi gandingan $50\ \Omega$. Rajah 2.7 menunjukkan teknik suapan kuar sepaksi bagi APD. Bagi tujuan pemasangan kuar ini, papan substrat perlu ditebuk supaya kuar dapat menyentuh APD yang diletakan diatas permukaan latar. Pelarasan ketinggian kuar dan kedudukan APD boleh mengoptimakan proses gandingan (Petosa, 2007).

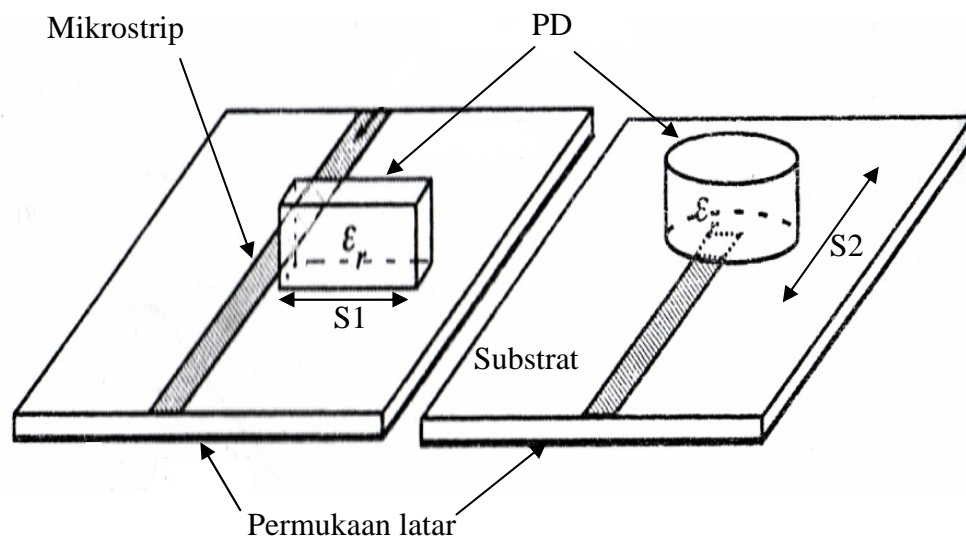


Rajah 2.7: Teknik suapan kuar (Petosa, 2007)

2.3.2 Teknik Suapan Mikrostrip

Teknik suapan mikrostrip bagi antenna penyalun dielektrik adalah yang paling biasa digunakan dalam litar-litar gelombang mikro (Petosa, 2007). Rajah 2.8 menunjukkan teknik suapan mikrostrip. Jumlah kekuatan gandingan diantara mikrostrip dan APD boleh dikawal dengan melaraskan jarak diantara penyalun dielektrik dan mikrostrip.

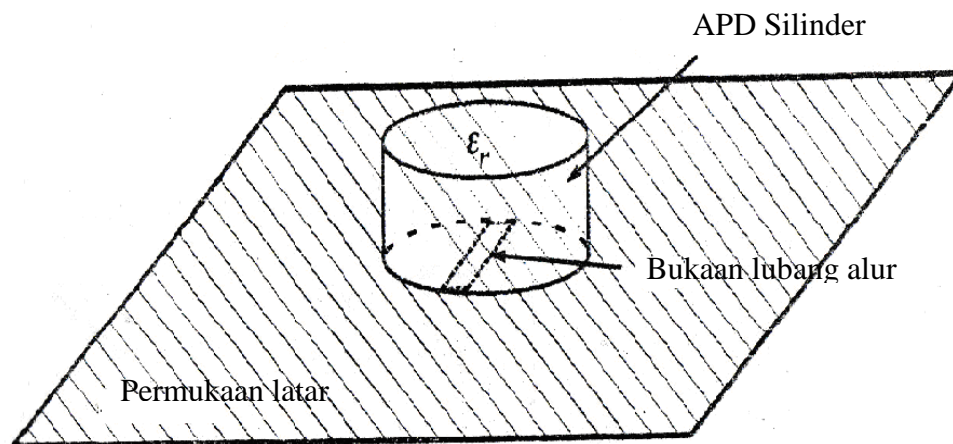
Gandingan mikrostrip terbahagi kepada dua iaitu gandingan sisi dan gandingan terus. Gandingan sisi yang optima boleh diperolehi dengan mengubah jarak diantara penyalun dielektrik bentuk rektangular dan mikrostrip pada arah S1 seperti ditunjukkan pada Rajah 2.8. Gandingan terus yang optima pula diperolehi dengan mengubah jarak diantara penyalun dielektrik bentuk bulat dan mikrostrip pada arah S2 (Petosa, 2007). Kelebihan teknik suapan mikrostrip ialah ianya lebih mudah diintegrasikan dengan litar-litar gelombang mikro yang lain.



Rajah 2.8 : Teknik suapan mikrostrip (Petosa, 2007)

2.3.3 Teknik suapan bukaan lubang alur

Satu lagi teknik suapan yang biasa digunakan bagi antenna penyalun dielektrik ialah melalui bukaan lubang alur pada permukaan latar seperti Rajah 2.9. Kebiasaannya isyarat disuap ke bukaan lubang alur pada permukaan latar melalui suapan mikrostrip yang berada dibahagian bawah substrat. Kadar gandingan boleh dikawal dengan memilih panjang dan lebar lubang alur tertentu atau dengan mengubah kedudukan antenna penyalun dielektrik pada lubang alur.



Rajah 2.9 : Teknik suapan bukaan lubang alur (Petosa, 2007)

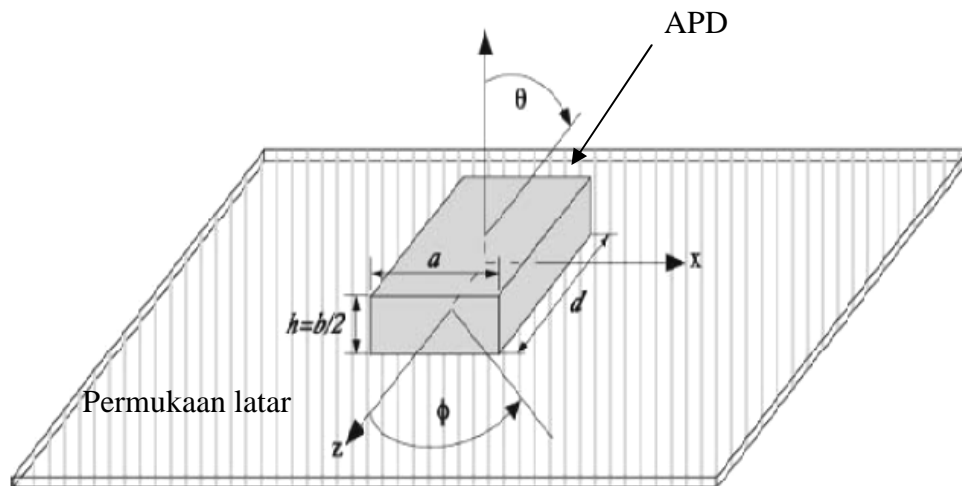
Dengan mengekalkan saiz lubang alur secara elektrik pada nilai yang kecil, dapat meminimalkan sinaran pada bahagian bawah permukaan latar (Petosa, 2007). Satu kelebihan teknik suapan bukaan lubang alur ialah rangkaian suapan berada pada bahagian bawah permukaan latar yang memisahkan bukaan penyinar dari sebarang gandingan yang tidak dikehendaki (Petosa, 2007). Dalam penyelidikan ini teknik

suapan mikrostrip telah digunakan kerana rekabentuknya lebih ringkas dan mudah untuk diintegrasikan dengan litar-litar gelombang mikro yang lain.

2.4 Analisis Antena Penyalun Dielektrik

2.4.1 Frekuensi Salunan

Bagi tujuan membantu menganalisa masalah kompleks elektromagnet beberapa teknik digunakan. Antaranya ialah *Method of Moments* (MoM) dan *Finite Difference Time Domain* (FDTD). Namun demikian, teknik-teknik ini memerlukan masa yang panjang, ruang ingatan khusus dan tidak praktikal untuk direkabentuk. Oleh itu, satu model yang mudah dikenali sebagai model pandu gelombang dielektrik digunakan untuk menganggarkan frekuensi salunan, faktor Q dan corak sinaran bagi antena penyalun dielektrik. Rajah 2.10 menunjukkan model untuk pandu gelombang dielektrik.



Rajah 2.10 : Model pandu gelombang (Petosa, 2007)

Antena penyalun dielektrik berbentuk rektangular mempunyai ciri-ciri tinggi h , panjang a , lebar d dan $h=b/2$ seperti Rajah 2.10. APD bentuk rektangular menawarkan dua tingkat kebebasan yang menjadikannya lebih popular dikalangan bentuk asas penyalun dielektrik. Bagi bentuk rektangular ini, nisbah a/h dan a/d boleh di pilih secara bebas bagi mencapai kepelbagaian rekabentuk APD setelah diberi nilai frekuensi salunan dan nilai pemalar dielektrik (Petosa, 2007). Bagi antena penyalun dielektrik bentuk rektangular dengan dimensi $a, b > d$, ragam yang paling rendah adalah TE_{110}^z . Kalau ragam yang dihasilkan dipandu dengan baik maka medan akan terkurung di dalam antena penyalun dielektrik sahaja dan bilangan perambatan gelombang dalam arah x dan y boleh dipermudahkan seperti berikut (Petosa, 2007).

$$k_x = \frac{m\pi}{a} \quad (2.1)$$

$$k_y = \frac{m\pi}{b} \quad (2.2)$$

Keadaan ini terhasil apabila dinding magnet diwujudkan di $x=\pm a/2$ dan $y=\pm b/2$. Hubungan di antara bilangan perambatan gelombang dalam arah x, y dan z dengan ruang bebas dan dimensi penyalun antena berdielektrik boleh dikaitkan dengan persamaan berikut (Petosa, 2007).

$$k_x^2 + k_y^2 + k_z^2 = \epsilon_r k_o^2 \quad (2.3)$$

$$k_z \tan\left(k_z \frac{d}{2}\right) = \sqrt{(\epsilon_r - 1)k_o^2 - k_z^2} \quad (2.4)$$

$$\text{Dimana } k_o = \frac{2\pi}{\lambda_o} = \frac{2\pi f_o}{c} \quad (2.5)$$

$$f_o = \frac{ck_o}{2\pi} \quad (2.6)$$

Bagi menentukan frekuensi salunan antenna penyalun dielektrik bentuk rektangular, Persamaan 2.1, 2.2 dan 2.3 dimasukkan ke dalam Persamaan 2.4 yang dikenali sebagai persamaan rumit untuk menyelesaikan k_z . Selepas mendapatkan nilai k_z , frekuensi salunan antenna penyalun dielektrik boleh diketahui dengan menyelesaikan k_o dalam Persamaan 2.3.

Bagi mendapatkan nilai frekuensi salunan(f_o) dengan lebih cepat, kaedah lengkok graf frekuensi ternormal digunakan. Lengkok ini diplot dengan nilai frekuensi ternormal (F) melawan nisbah dimensi d/b bagi antenna penyalun dielektrik seperti Rajah 2.11. Frekuensi ternormal(F) ditulis seperti Persamaan 2.7 (Petosa, 2007).

$$F = \frac{2\pi f_o \sqrt{\epsilon_r}}{c} \quad (2.7)$$

Dimana c adalah halaju cahaya 3×10^8 m/s dan f_o adalah frekuensi salunan. Dengan menggunakan kaedah lengkok graf ini frekuensi salunan dapat diketahui tanpa perlu menyelesaikan Persamaan 2.4. Kaedah graf ini menggunakan Persamaan 2.8 (Petosa, 2007).

$$f_{o_{GHz}} = \frac{15F}{a_{cm} \pi \sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.8)$$

Langkah pertama ialah dapatkan nisbah d/b berpandukan rekabentuk rektangular APD. Nisbah d/b ialah=3.33. Langkah kedua, dapatkan nilai frekuensi ternormal F . Frekuensi ternormal F adalah 13.5 telah diperolehi dari graf berpandukan lengkok